

VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR UMWANDLUNG VON WÄRMEENERGIE IN
MECHANISCHE ENERGIE

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie durch Volumen-, Druck- und Temperaturänderung des Arbeitsmediums, insbesondere Gase in mehreren Stufen sowie eine Einrichtung für die Durchführung dieses Verfahrens.

Es sind Verfahren zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie bekannt, bei denen sich der Druck und die Temperatur des Arbeitsmediums in einem Arbeitsraum mit einem veränderlichen Volumen verändern. Bei sich verkleinerndem Volumen erhöhen sich Druck und Temperatur, und das sowohl in Folge der angeführten Volumenänderung als auch - und das besonders - in der letzten Phase der Volumenverkleinerung bzw. in der ersten Phase der wiederholten Volumenvergrößerung durch zusätzliche Zufuhr von Wärmeenergie entweder von außen oder durch Wärmeentwicklung im Medium innerhalb des Arbeitsraumes (zum Beispiel durch Verbrennung). Bei wiederholter Volumenvergrößerung wird durch den Druck, der durch die Volumenverkleinerung im geschlossenen Arbeitsraum entsteht, nach Abzug der Verluste eine für die anschließende Volumenverkleinerung notwendige Arbeit ausgeführt, während der Druck, der durch die zusätzliche Zufuhr von Wärmeenergie entsteht, ebenfalls nach Abzug der Verluste die resultierende mechanische Arbeit verrichtet. Bei einem ständig geschlossenen Arbeitsraum würde in Folge der zusätzlichen Zufuhr von

-2-

Wärmeenergie die Temperatur des Mediums am Ende einer Volumenvergrößerung und somit auch zu Beginn der nachfolgenden Volumenverkleinerung immer größer sein als die Temperatur am Beginn des vorherigen Prozesses der Volumenvergrößerung. Somit würde die Temperatur des Mediums bei Wärmezufuhr von außen eine Temperatur erreichen, bei der Wärme von außen zugeführt wird, und die Temperaturdifferenz und somit auch die Menge zugeführter Wärme würden, Verluste nicht mitgerechnet, bei Null liegen. Die Wärmezufuhr durch Vorgänge im Medium würde jedoch bei einem geschlossenen Arbeitsraum aufgrund von Sauerstoffmangel zum Stehen kommen. Daher muss der Arbeitsraum für die Ableitung des verwendeten Mediums und die Zuleitung frischen Mediums für einen bestimmten Zeitraum geöffnet werden, und das sowohl zu Beginn der Volumenverkleinerung oder davor, als auch zum Ende der Volumenvergrößerung oder danach. Der Arbeitsprozess von Druck- und Temperaturänderungen bei Volumenverkleinerung und Volumenvergrößerung erfolgt in zwei Takten. Wenn zu diesen zwei Takten noch zwei weitere hinzugefügt werden, d.h. Volumenvergrößerung für die Zuleitung des verwendeten Mediums und Volumenverkleinerung für die Ableitung des verwendeten Mediums, handelt es sich um einen Viertaktprozess zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie. Wenn die Zuleitung und Ableitung des Mediums zu Beginn des einen Taktes bzw. zum Ende des zweiten Taktes erfolgt, handelt es sich um einen Zweitaktprozess. Alle diese Vorgänge laufen nach dem bekannten Stand der Technik in einem Arbeitsraum ab, der in Ausnahmefällen in zwei Teile unterteilt ist.

Gemäss dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie durch Volumen-, Druck- und

- 3 -

Temperaturänderung des Arbeitsmediums wird das Arbeitsmedium in die erste Stufe unter Volumenvergrößerung der ersten Stufe angesaugt, woraufhin das Arbeitsmedium bei Volumenverkleinerung der ersten Stufe in die zweite Stufe unter Vergrößerung des Volumens der zweiten Stufe überführt wird, woraufhin das Arbeitsmedium bei Volumenverkleinerung der zweiten Stufe über die dritte Stufe unter gleichzeitiger Wärmezufuhr in die vierte Stufe unter Vergrößerung des Volumens der vierten Stufe überführt wird, woraufhin es von der vierten Stufe unter Verkleinerung des Volumens der vierten Stufe in die fünfte Stufe überführt wird und in dieser fünften Stufe unter Vergrößerung des Volumens der fünften Stufe expandiert wird. Mit Vorteil wird das Arbeitsmedium unter Volumenverkleinerung der zweiten Stufe über die dritte Stufe unter gleichzeitiger Erhitzung direkt in die fünfte Stufe überführt. Mit Vorteil wird das Arbeitsmedium bei Überführung von der ersten Stufe in die zweite Stufe abgekühlt. Mit Vorteil wird das Arbeitsmedium aus der fünften Stufe unter Verkleinerung des Volumens der fünften Stufe und gleichzeitiger Abkühlung in die erste Stufe unter gleichzeitiger Vergrößerung des Volumens der ersten Stufe überführt. Mit Vorteil wird das Arbeitsmedium aus der fünften Stufe unter Verkleinerung des Volumens der fünften Stufe zu der dritten Stufe überführt und für den Erwärmungsprozess verwendet. Mit Vorteil wird das Arbeitsmedium unter Verkleinerung des Volumens der fünften Stufe und/oder bei gleichzeitiger Abkühlung aus der fünften Stufe direkt in die zweite Stufe unter Vergrößerung des Volumens der zweiten Stufe überführt. Bei der Einrichtung zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie durch Volumen-, Druck- und Temperaturänderung des Arbeitsmediums ist

- 4 -

die dritte Stufe mindestens gemäss der Erfindung als ein Arbeitsraum mit unveränderlichem Volumen gebildet, während die anderen Stufen als Arbeitsräume mit veränderlichem Volumen, insbesondere als Drehkolbenmaschinen gebildet, und im Sinne des Durchgangs des Arbeitsmediums hintereinander angeordnet sind, zum Teil vor der dritten Stufe und zum Teil nach dieser Stufe. Mit Vorteil ist das maximale Volumen der ersten Stufe größer als das maximale Volumen der zweiten Stufe, wobei das maximale Volumen der fünften Stufe größer ist als das maximale Volumen der vierten Stufe und wobei das maximale Volumen der fünften Stufe größer als das maximale Volumen der ersten Stufe oder gleich groß wie das maximale Volumen der ersten Stufe ist. Mit Vorteil ist die fünfte Stufe mit der ersten Stufe vereinigt. Mit Vorteil ist die dritte Stufe als Verbrennungskammer und/oder als Wärmetauscher gebildet. Mit Vorteil ist die fünfte Stufe mit einem Ansaugventil versehen. Mit Vorteil ist ein Kühler zwischen der ersten Stufe und der zweiten Stufe sowie zwischen der fünften Stufe und der ersten Stufe zwischengeschaltet und ein Kühler zwischen der vereinigten Stufe und der zweiten Stufe zwischengeschaltet.

Die Erfindung wird auf der beigefügten Zeichnung näher dargestellt. Abbildung 1 zeigt die Grundaussführung der Erfindung, auf der Abbildung 2 wird eine Modifikation mit Kühler zwischen der ersten und der zweiten Stufe sowie zwischen der fünften und der ersten Stufe dargestellt. Die Abbildung 3 zeigt die Ausführung, in der die erste Stufe mit der fünften Stufe vereinigt ist und ein Kühler zwischen der fünften und der zweiten Stufe zwischengeschaltet ist.

- 5 -

Gemäss der Abbildung 1 wird das Arbeitsmedium in die erste Stufe 1 unter Vergrößerung des Volumens der ersten Stufe 1 eingeführt, woraufhin es bei Volumenverkleinerung der ersten Stufe 1 durch Vergrößerung des Volumens der zweiten Stufe in die zweite Stufe 2 übergeht. Dann geht das Arbeitsmedium bei Volumenverkleinerung der zweiten Stufe 2 in die dritte Stufe 3 über. Beim Durchgang durch die dritte Stufe 3 wird dem Arbeitsmedium Wärme zugeführt - entweder von innen durch Verbrennung von Kraftstoff im Arbeitsmedium, oder von außen durch Erhitzen der dritten Stufe, zum Beispiel durch einen äußeren Verbrennungsvorgang. Aus der dritten Stufe 3 wird das Arbeitsmedium in die vierte Stufe 4 überführt deren Volumen sich gleichzeitig vergrößert, woraufhin das Arbeitsmedium aus der vierten Stufe 4 unter Verkleinerung des Volumens der vierten Stufe in die fünfte Stufe 5 übergeht. In dieser fünften Stufe 5 expandiert das Arbeitsmedium unter Vergrößerung des Volumens der fünften Stufe. Nach der Expansion wird das Arbeitsmedium unter Volumenverkleinerung der fünften Stufe 5 entweder nach außen oder zurück in die erste Stufe 1 geführt. Bei der Verwendung von Luft als Arbeitsmedium und bei einem äußeren Verbrennungsvorgang als Form der Wärmezufuhr für die dritte Stufe ist es vorteilhaft, für den äußeren Verbrennungsvorgang expandierte Heißluft zu verwenden. Das Verfahren entsprechend der Erfindung stellt somit einen thermodynamischen Kreisprozess mit fünf Takten dar. In einigen Fällen kann es von Vorteil sein, die vierte Stufe 4 herauszunehmen, und das Medium direkt in die fünfte Stufe zu führen und hier expandieren zu lassen. Von der Abbildung 2 ist es ersichtlich, dass das Arbeitsmedium vorteilhaft bei der Überführung aus der ersten Stufe 1 in die zweite Stufe 2 in einem zwischengeschalteten Kühler 6 abkühlt. Bei einem

-6-

geschlossenen Kreisprozess, bei dem das Arbeitsmedium aus der fünften Stufe 5 wiederum in die erste Stufe 1 geführt wird, ist es vorteilhaft, zwischen der fünften und ersten Stufe einen weiteren Kühler 7 zwischenschalten. In einigen Fällen ist es vom Vorteil, nach einer weiteren Ausführung der Erfindung die fünfte und die erste Stufe in einer gemeinsamen Stufe 51 zu vereinigen und das Arbeitsmedium - expandiert bei Volumenvergrößerung der vereinigten Stufe 51 - bei erneuter Verkleinerung des Volumens dieser vereinigten Stufe, in die zweite Stufe 2 bei gleichzeitiger Vergrößerung des Volumens der zweiten Stufe zu führen, und das eventuell auch über einen zwischengeschalteten Kühler 76. In diesem Fall ist der thermodynamische Kreisprozess mit fünf Takten zu einem Dreitakt-Kreisprozess modifiziert worden.

Die Einrichtung zur Ausführung des beschriebenen Verfahrens zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie ist entsprechend der Erfindung derart angeordnet, dass die dritte Stufe 3 mindestens als ein Arbeitsraum mit unveränderlichem Volumen gebildet ist, während die anderen Stufen 1, 2, 4, 5, 51 als Arbeitsräume mit veränderlichem Volumen gebildet sind. Es ist vorteilhaft, dass alle Stufen, mit Ausnahme der dritten Stufe, als Drehkolbenmaschine ausgeführt sind, bei welchen bei Drehung des Drehkolbens sich über die, durch seine Scheitelkanten verbundene Fläche, das Volumen des, durch diese Fläche und die gegenüberliegende Innenwand des Zylinders, in dem sich der Kolben dreht, abgegrenzten Raumes, zyklisch vergrößert und verkleinert. Hierbei ist das maximale Volumen der ersten Stufe 1 größer als das maximale Volumen der zweiten Stufe 2, des weiteren ist das maximale Volumen der fünften Stufe 5 größer als das maximale Volumen der vierten Stufe 4

- 7 -

und das maximale Volumen der fünften Stufe 5 ist größer als das maximale Volumen der ersten Stufe 1 bzw. gleich groß wie das maximale Volumen der ersten Stufe 1. Das maximale Volumen der vereinigten Stufe 51 ist größer als das maximale Volumen der vierten Stufe 4 und größer als das maximale Volumen der zweiten Stufe 2. Die dritte Stufe 3 dient als Verbrennungskammer und/oder als Wärmetauscher. Das Arbeitsmedium wird zuerst in das sich vergrößernde Volumen der ersten Stufe 1 eingeführt (zum Beispiel durch Ansaugen). Nach Erreichen des Maximums beginnt sich das Volumen dieser Stufe zu verkleinern und das Arbeitsmedium wird in das sich vergrößernde Volumen der zweiten Stufe 2 verdrängt. Da das maximale Volumen der zweiten Stufe 2 vielfach kleiner ist, als das maximale Volumen der ersten Stufe 1, ändert sich der Zustand des Arbeitsmediums derart, dass es nach dem Übergang aus der ersten Stufe 1 in die zweite Stufe 2 einen höheren Druck aufweist und weist auch eine höhere Temperatur auf. Wenn ein zu großer Temperaturanstieg unerwünscht ist, kann zwischen beiden Stufen der Kühler 6 zwischengeschaltet werden, wie auf Bild 2 dargestellt ist. Bei erneuter Volumenverkleinerung der zweiten Stufe 2 wird das Arbeitsmedium aus dieser Stufe über die dritte Stufe 3 in die vierte Stufe 4 mit sich vergrößerndem Volumen der letzten überführt. In der dritten Stufe 3 wird dem Arbeitsmedium Wärme zugeführt - entweder durch einen äußeren Verbrennungsvorgang, wobei diese Stufe als Wärmetauscher dient, oder durch innere Verbrennung, ähnlich wie in Verbrennungskammern von Turbinen, jedoch mit bedeutend höheren Drücken. Da das maximale Volumen der vierten Stufe 4 in der Regel gleich groß ist wie das maximale Volumen der zweiten Stufe 2, wird das Arbeitsmedium im Endzustand in der vierten Stufe 4 nach der Erwärmung in der dritten Stufe 3

- 8 -

einen höheren Druck und eine höhere Temperatur aufweisen im Vergleich zum Anfangszustand in der zweiten Stufe. Aus dem sich verkleinernden Volumen der vierten Stufe 4 expandiert dann das Arbeitsmedium in das sich vergrößernde Volumen der fünften Stufe 5, wobei Arbeit verrichtet wird. Es ist natürlich möglich, die Einrichtung entsprechend der Erfindung derart zu modifizieren, dass das maximale Volumen der vierten Stufe 4 größer ist als das maximale Volumen der zweiten Stufe 2, somit kommt es zwischen beiden Stufen zu einer teilweisen isobaren bis isothermischen Expansion, und das Verfahren entsprechend der Erfindung ähnelt dann dem Carnotschen Kreisprozess. Im Extremfall kann die vierte Stufe komplett herausgenommen werden, und das Arbeitsmedium kann aus der zweiten Stufe 2 unter Erhitzen in der dritten Stufe 3 direkt in der fünften Stufe 5 expandieren. Die dritte Stufe hat ein Volumen, das ungleich Null ist, daher kommt es, wenn keine Wärme zugeführt wird, am Beginn der Zufuhr des Arbeitsmediums zu einer teilweisen Expansion und nach Überführung durch die dritte Stufe hat das Arbeitsmedium in der vierten Stufe einen niedrigeren Druck und eine niedrigere Temperatur als in der zweiten Stufe. In Folge dieses geringeren Druckes entnimmt die vierte Stufe von der dritten Stufe verhältnismäßig weniger gewichtsbezogene Menge an Arbeitsmedium, als aus der zweiten Stufe in die dritte Stufe übertragen wurde. Die verbleibende Menge bildet bzw. erhöht den Restdruck in der dritten Stufe. Entsprechend der Größe der dritten Stufe erhöht sich somit auch ohne Wärmezufuhr der Druck in der dritten Stufe sehr schnell derart, dass es bei der Überführung des Arbeitsmediums aus der zweiten in die vierte Stufe (über die dritte Stufe) zu keiner Expansion mehr kommt, und die Wärme unter Druck (bedingt durch Kompression des Arbeitsmediums aus der ersten

Stufe in die zweite Stufe) zugeführt werden kann. Daher kann die dritte Stufe sowohl als Verbrennungskammer mit kleiner Außenfläche (zur Verhinderung von Wärmeverlusten) als auch als Wärmetauscher mit großer Fläche (um so viel Wärme wie möglich zu übertragen) dimensioniert werden. Damit in der dritten Stufe so viel Wärme wie möglich übertragen und die für die Kompressionsphase des Kreisprozess aufgewendete Arbeit verringert werden kann, muss, wenn möglich, die Temperatur bei der Überführung aus der ersten in die zweite Phase herabgesetzt werden. Das wird entsprechend der Erfindung ermöglicht, indem zwischen der ersten Stufe 1 und der zweiten Stufe 2 der Kühler 6 zwischengeschaltet wird. Bei einem geschlossenen Kreislauf, bei dem das Arbeitsmedium aus der fünften Stufe 5 zurück in die erste Stufe 1 geführt wird, ist es vorteilhaft, zwischen beiden Stufen einen weiteren Kühler 7 zwischenzuschalten. Bei erfindungsgemäßer Anordnung kann unabhängig von der Größe des Kompressionsverhältnisses die Größe des Expansionsverhältnisses gewählt werden. Somit kann man das komprimierte und erhitzte Arbeitsmedium bis zum Druck der Umgebung expandieren lassen, wodurch ein guter Wirkungsgrad des Kreisprozesses erzielt wird. Bei vorgegebener Größe des Expansionsverhältnisses entspricht der Druck am Ende der Expansion dem Druck zu seinem Anfang und daher kann der Druck bei geringerer Wärmezufuhr am Ende der Expansion unter den Druck der Umgebung fallen. Wenn dieser Druckabfall nicht erwünscht ist, kann ein weiteres Merkmal der Erfindung zur Anwendung kommen, dass das Arbeitsmedium am Ende der Expansion mit einem Ansaugventil 8 angesaugt wird. Der nach dem Verfahren und der Einrichtung entsprechend der Erfindung realisierte Arbeitskreisprozess ist somit ein Fünftakt-Kreisprozess. Bei einer bestimmten Größe des

- 10 -

Expansionsverhältnisses in der fünften Stufe 5, d.h. des Verhältnisses zwischen den maximalen Volumina der fünften und vierten Stufe, sinkt am Ende der Expansion nicht nur der Druck, sondern auch die Temperatur auf einen Wert, der fast dem Wert der Umgebung entspricht. Die fünfte Stufe 5 und die erste Stufe 1 können im Falle eines geschlossenen Kreisprozesses und bei einer äußeren Erwärmung des Arbeitsmediums in der dritten Stufe 3 entsprechend eines weiteren Merkmals der Erfindung nach Abbildung 3 vereinigt werden und das Arbeitsmedium kann nach der Expansion in der vereinigten Stufe 51 in die zweite Stufe 2 über einen zwischengeschalteten Kühler 76 geführt und gleichzeitig komprimiert werden. Auch in diesem Fall ist es vorteilhaft, die vereinigte Stufe 51 mit dem Ansaugventil 8 zu versehen. Im Rahmen der Erfindung kann also der Fünftakt-Kreisprozess in einigen Fällen zu einem Dreitakt-Kreisprozess modifiziert werden.

Die Erfindung zeigt sowohl nach den Beispielen der Ausführung als auch nach anderen sich aus den Patentansprüchen ergebenden Ausführungen im Vergleich mit bekannten thermischen Motoren (insbesondere mit Viertakt-Kreisprozess) seine Vorteile darin, dass höhere Arbeitsdrücke und Arbeitstemperaturen als bei Turbinenmotoren, sowie ein längerer Zeitraum zur Erhitzung des komprimierten Arbeitsmediums und auch niedrigere Drücke und Temperaturen am Ende der Expansion als bei bisher bekannten Kolbenmotoren ermöglicht werden. Das Ergebnis liegt in einem höheren Wirkungsgrad des Kreisprozesses sowie in einer geringeren Lärmentwicklung und geringeren Emission von Kohlenstoff- und Stickstoffoxiden bei der Erhitzung des Arbeitsmediums durch innere oder äußere Verbrennung. Die

- 11 -

Erfindung kann auch vorteilhaft für die Umwandlung von Sonnenenergie in mechanische Energie verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie durch Volumen-, Druck- und Temperaturänderung des Arbeitsmediums, insbesondere der Gase, gekennzeichnet dadurch, dass das Arbeitsmedium in die erste Stufe unter Volumenvergrößerung der ersten Stufe angesaugt wird, woraufhin das Arbeitsmedium bei Volumenverkleinerung der ersten Stufe in die zweite Stufe unter Vergrößerung des Volumens der zweiten Stufe überführt wird, woraufhin das Arbeitsmedium bei Volumenverkleinerung der zweiten Stufe über die dritte Stufe unter gleichzeitiger Wärmezufuhr in die vierte Stufe unter Vergrößerung des Volumens der vierten Stufe überführt wird, woraufhin es von der vierten Stufe unter Verkleinerung des Volumens der vierten Stufe in die fünfte Stufe überführt wird und in dieser fünften Stufe unter Vergrößerung des Volumens der fünften Stufe expandiert wird.

2. Verfahren zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass das Arbeitsmedium unter Volumenverkleinerung der zweiten Stufe über die dritte Stufe unter gleichzeitiger Erhitzung direkt in die fünfte Stufe überführt wird.

3. Verfahren zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, dass das Arbeitsmedium bei Überführung von der ersten Stufe in die zweite Stufe abgekühlt wird.

- 13 -

4. Verfahren zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, dass das Arbeitsmedium aus der fünften Stufe unter Verkleinerung des Volumens der fünften Stufe und gleichzeitiger Abkühlung in die erste Stufe unter gleichzeitiger Vergrößerung des Volumens der ersten Stufe überführt wird.

5. Verfahren zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, dass das Arbeitsmedium aus der fünften Stufe unter Verkleinerung des Volumens der fünften Stufe zu der dritten Stufe überführt wird und für den Erwärmungsprozess verwendet wird.

6. Verfahren zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach dem Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, dass das Arbeitsmedium unter Verkleinerung des Volumens der fünften Stufe und/oder bei gleichzeitiger Abkühlung aus der fünften Stufe direkt in die zweite Stufe unter Vergrößerung des Volumens der zweiten Stufe überführt wird.

7. Einrichtung zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie durch Volumen-, Druck- und Temperaturänderung des Arbeitsmediums nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, dass die dritte Stufe (3) als mindestens ein Arbeitsraum mit unveränderlichem Volumen gebildet ist, während die anderen

Stufen (1, 2, 4, 5) als Arbeitsräume mit veränderlichem Volumen gebildet sind, insbesondere als Drehkolbenmaschine, und im Sinne des Durchgangs des Arbeitsmediums hintereinander angeordnet sind, zum Teil vor der dritten Stufe (3) und zum Teil nach dieser Stufe.

8. Einrichtung zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach dem Anspruch 7, gekennzeichnet dadurch, dass das maximale Volumen der ersten Stufe (1) größer ist als das maximale Volumen der zweiten Stufe (2), wobei das maximale Volumen der fünften Stufe (5) größer ist als das maximale Volumen der vierten Stufe (4) und wobei das maximale Volumen der fünften Stufe (5) größer als das maximale Volumen der ersten Stufe (1) ist oder gleich groß wie das maximale Volumen der ersten Stufe (1) ist.

9. Einrichtung zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach dem Anspruch 7 oder 8, gekennzeichnet dadurch, dass die fünfte Stufe (5) mit der ersten Stufe (1) vereinigt ist.

10. Einrichtung zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach einem der Ansprüche 7 bis 9, gekennzeichnet dadurch, dass die dritte Stufe (3) als Verbrennungskammer und/oder als Wärmetauscher gebildet ist.

- 15 -

11. Einrichtung zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h, dass
die fünfte Stufe (5) mit einem Ansaugventil (8) versehen ist.

12. Einrichtung zu einer mehrstufigen Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie nach einem der Ansprüche 7 bis 11,
g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h, dass
ein Kühler (6, 7) zwischen der ersten Stufe (1) und der zweiten Stufe (2) sowie zwischen der fünften Stufe (5) und der ersten Stufe (1) zwischengeschaltet ist und ein Kühler (76) zwischen der vereinigten Stufe (51) und der zweiten Stufe (2) zwischengeschaltet ist.

1/1

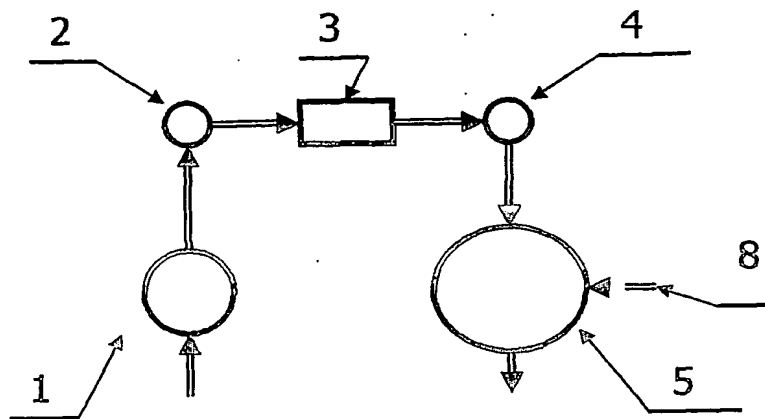


Fig. 1

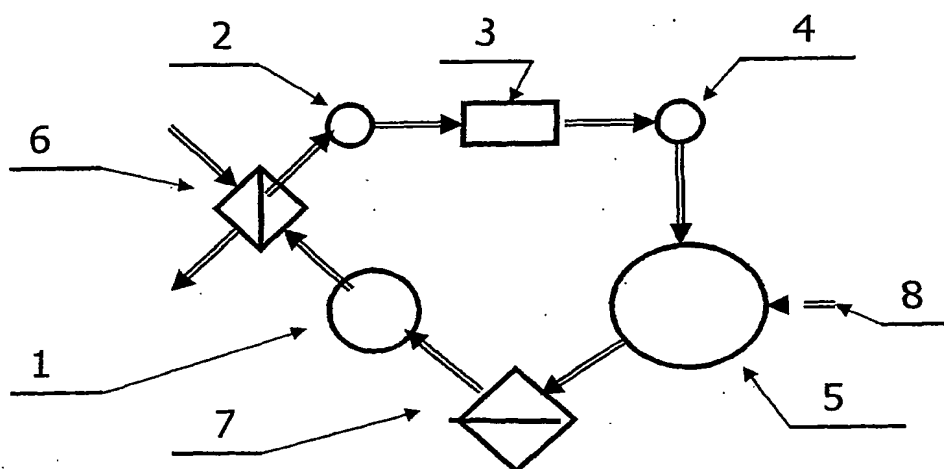


Fig. 2

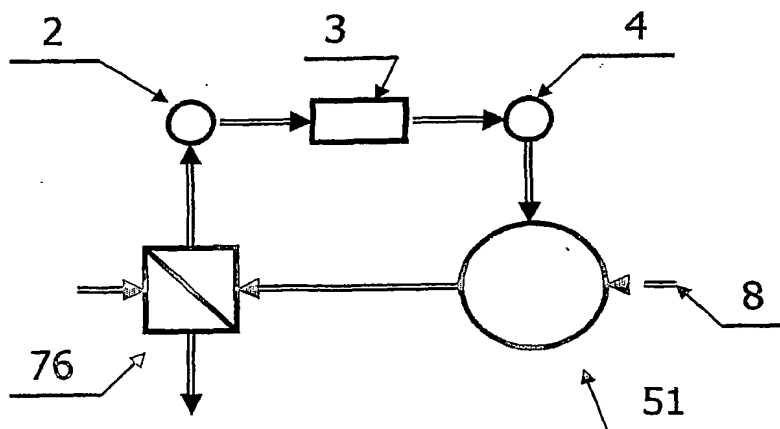


Fig. 3

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

ationales Aktenzeichen
/CZ2004/000015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02G1/043 F01B3/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02G F01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, A	WO 03/102403 A (ENGELHART KLAUS ; HOLECEK CAMILLO (AT); DONAUWIND ERNEUERBARE ENERG) 11. Dezember 2003 (2003-12-11) Zusammenfassung; Abbildungen	1-12
A	WO 03/012257 A (SCHUMM BROOKE III ; KIRTLEY KEVIN R (US); MANNER DAVID B (US)) 13. Februar 2003 (2003-02-13) Zusammenfassung; Abbildungen	1-12
A	US 4 009 573 A (SATZ RONALD W) 1. März 1977 (1977-03-01) Zusammenfassung; Abbildungen	1-12
A	DE 43 01 036 A (GAIL JOSEF) 21. Juli 1994 (1994-07-21) Zusammenfassung; Abbildungen	1-12

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. August 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Zerf, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

CZ2004/000015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 03102403	A	11-12-2003	WO	03102403 A1	11-12-2003
WO 03012257	A	13-02-2003	WO	03012290 A1	13-02-2003
			WO	03012257 A1	13-02-2003
US 4009573	A	01-03-1977	KEINE		
DE 4301036	A	21-07-1994	DE	4228639 A1	03-03-1994
			DE	4301036 A1	21-07-1994
			AT	148201 T	15-02-1997
			DE	59305283 D1	06-03-1997
			WO	9405902 A1	17-03-1994
			EP	0656992 A1	14-06-1995
			US	5720241 A	24-02-1998

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

national Application No

T/CZ2004/000015

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02G1/043 F01B3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02G F01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	WO 03/102403 A (ENGELHART KLAUS ;HOLECEK CAMILLO (AT); DONAUWIND ERNEUERBARE ENERG) 11 December 2003 (2003-12-11) abstract; figures	1-12
A	WO 03/012257 A (SCHUMM BROOKE III ;KIRTLEY KEVIN R (US); MANNER DAVID B (US)) 13 February 2003 (2003-02-13) abstract; figures	1-12
A	US 4 009 573 A (SATZ RONALD W) 1 March 1977 (1977-03-01) abstract; figures	1-12
A	DE 43 01 036 A (GAIL JOSEF) 21 July 1994 (1994-07-21) abstract; figures	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 August 2004

Date of mailing of the international search report

11/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Zerf, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

/CZ2004/000015

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03102403	A	11-12-2003	WO 03102403 A1	11-12-2003
WO 03012257	A	13-02-2003	WO 03012290 A1	13-02-2003
			WO 03012257 A1	13-02-2003
US 4009573	A	01-03-1977	NONE	
DE 4301036	A	21-07-1994	DE 4228639 A1	03-03-1994
			DE 4301036 A1	21-07-1994
			AT 148201 T	15-02-1997
			DE 59305283 D1	06-03-1997
			WO 9405902 A1	17-03-1994
			EP 0656992 A1	14-06-1995
			US 5720241 A	24-02-1998